

MINERÍA Y ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS EN MÉXICO: UN ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO MODELOS ESTATALES DE INSUMO PRODUCTO

MINING AND PRODUCTIVE CHAINS IN MEXICO: A COMPARATIVE STUDY USING INPUT-OUTPUT STATE MODELS

Edgar David Gaytán Alfaro^ζ

Mario Alberto Mendoza Sánchez^τ

Juan Roberto Vargas Sánchez^ξ

RESUMEN: A partir del estudio comparativo de las matrices estatales de Hidalgo, Sonora y Zacatecas, el documento analiza el tejido productivo derivado de la actividad minera en las entidades referidas. La delimitación del objeto de estudio resulta de la consideración de entidades con un perfil productivo minero pertenecientes a diferentes zonas económicas de México: norte, centro-norte y centro. Siguiendo un enfoque de redes con técnicas multivariantes de datos aplicadas sobre las submatrices de flujos intersectoriales de los estados en cuestión, el presente estudio determina si, en efecto, la actividad minera genera encadenamientos en la estructura productiva y, si, eventualmente, por su poder (limitado o extendido) de articulación sectorial, se pueden constituir redes de proveeduría tendientes a la diversificación de la planta productiva. El objetivo de última instancia es crear un marco de referencia que favorezca la aparición de esquemas de proveedurías coadyuvantes o trascendentes a la actividad minera.

PALABRAS CLAVE: 1. Minería; 2. Modelo Insumo-Producto; 3. Análisis de oferta y demanda de insumos; 4. Política de Desarrollo Regional.

^ζ Profesor-Investigador adscrito a la Unidad Académica de Economía de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Correo electrónico: davidgaytan81@gmail.com

^τ Profesor-Investigador adscrito al Departamento de Economía de la Universidad de Sonora, México. Correo electrónico: marioamendoza@live.com.mx

^ξ Profesor-Investigador adscrito al Instituto de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Correo electrónico: juanroberto_vargas@uaeh.edu.mx

Economía coyuntural, Revista de temas de coyuntura y perspectivas, vol.3, núm. 2, pp. 1 - 31.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

ABSTRACT: Based on the comparative study of the state matrices of Hidalgo, Sonora and Zacatecas, the document analyzes the productive network derived from the mining activity in the referred entities. The object study delimitation results from the consideration of entities with a productive mining profile belonging to different economic zones of Mexico: north, center-north and center. Following a network approach with multivariate data techniques applied to the intersectoral flows submatrices of the states in question, the present study determines whether, in effect, the mining activity generates linkages in the productive structure and, if, eventually, by its power (limited or extended) of sectoral articulation, supply networks can be established tending to the the productive plant diversification. The last instance objective is creating a reference frame that favors the emergence of transcendental supplies schemes coadjuvant with the mining activity.

- **KEYWORDS:** 1. Mining; 2. Input-Output Model; 3. Input supply and demand analysis; 4. Regional development policy.
- **CLASIFICACION JEL:** L72, R15, R34, R58.
- Recepción: 03/04/2018 Aceptación: 12/11/2018

Introducción

Las tasas de crecimiento de las economías estatales de Hidalgo, Sonora y Zacatecas registran respectivamente un ritmo de 2.77, 3.65 y 4.10 por ciento en promedio anual durante el lapso 2003-2015, las cuales resultan superiores al registro nacional que corresponde a una tasa de 2.58 por ciento para el mismo lapso.

Desde una perspectiva sectorial se observa que la minería ha tenido un rol relevante para este desempeño en estas entidades, pues ha resultado ser una de las más dinámicas dentro del conjunto de actividades económicas. Mientras en Hidalgo la tasa de crecimiento es 4.99 por ciento, en Sonora es 8.65 por ciento y en Zacatecas es 11.45 por ciento en promedio anual.

Además de su dinámica, también se observa su relativa importancia en cuanto a su tamaño. La información empírica muestra que, en el año 2015, la

participación del PIB minero en el total del PIB estatal es de 24.37 por ciento en Zacatecas, 12.95 por ciento en Sonora y en Hidalgo 1.05 por ciento. En conjunto, la actividad minera de estas tres entidades aporta el 59.09 por ciento de la producción nacional.[†]

A pesar de la importancia de la actividad minera para estas entidades en los términos antes señalados, se desconoce la capacidad que tiene para generar efectos positivos a través de encadenamientos productivos sobre el resto de actividades económicas, ya sea que estos se produzcan de manera directa, indirecta o inducida. En este sentido, la pregunta de investigación es:

¿Cuál es la capacidad de la actividad minera para generar encadenamientos productivos sobre el resto de actividades económicas en las respectivas economías estatales analizadas?

A manera de hipótesis se sostiene que la minería es una actividad extractiva de bajo valor añadido, por lo que sus encadenamientos productivos en las entidades analizadas también son bajos. Bajo este argumento, la capacidad limitada de articulación sectorial establecería condiciones de oportunidad para el desarrollo de redes de proveeduría que permitan la constitución de cadenas de valor tendientes a diversificar la estructura productiva.

Para verificar la hipótesis en los términos de la pregunta planteada, metodológicamente se revisa el concepto de encadenamiento hacia adelante y hacia atrás propuesto por Hirschman (1958), así como su puesta en práctica en los llamados encadenamientos directos de Chenery & Watanabe (1958), y encadenamientos totales de Rasmussen (1956). Asimismo, se emplea la metodología propuesta por Feser y Bergman (2000) para la identificación de clusters dentro del modelo insumo producto (IP), de manera que se visualicen

[†] Ver anexo cuadro A1.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

las conexiones existentes entre las interrelaciones industriales de la minería hacia el resto de actividades.

El trabajo se suma a los estudios de economía sectorial y regional en México bajo el enfoque de insumo producto. Su organización después de esta introducción, presenta una breve descripción histórica de la actividad minera en México y las entidades estudiadas; el tercer apartado, presenta las principales características metodológicas del procedimiento de regionalización de la MIP nacional, de los indicadores de encadenamientos, así como de la identificación de cadenas productivas con técnicas multivariantes. En el cuarto apartado se muestran las principales evidencias empíricas encontradas y se discuten sus implicaciones. Finalmente, se anotan las conclusiones.

I. Antecedentes de la actividad minera en México y referencias teóricas actuales.

El antecedente histórico de la minería en México ha estado prácticamente a la par de la historia de la colonización de los espacios hispanoamericanos. En el caso de estudio del presente trabajo, dicha actividad ha estado relacionada estrechamente con el desarrollo económico estatal de Hidalgo, Sonora y Zacatecas.

En el primer caso, el vínculo entre la minería y el estado de Hidalgo tiene más de 460 años. La actividad minera configuró espacios económicos en la entidad, y propicio el desarrollo regional, es así que la economía del estado de Hidalgo tiene sus raíces en la minería. La economía hidalguense se sustentó desde la época colonial hasta bien entrado el siglo XX, en la extracción de plata, que por sus características registró escasa capacidad transformadora (Roldán, 2015:27).

Se han distinguido tres periodos en la época colonial de la historia minera de Pachuca y Real del Monte, Hidalgo. La etapa de descubrimiento de 1552 a 1620, en esta etapa Bartolomé de Medina implanta el sistema de beneficio de patio; la segunda etapa que abarca el resto del siglo XVII y treinta años del siglo XVIII, se caracteriza por la crisis de la disminución en la producción de plata,[‡] de ahí que se identifique como una época de estancamiento; el inicio de la tercera etapa es en 1739, en este periodo se reaviva la actividad minera y hay un nuevo florecimiento pero también una nueva crisis (Herrera y Ortíz, 1994). De acuerdo con las autoras, a finales del siglo XVIII cerraron las principales minas de la región minera de Pachuca-Real del Monte dejando un cuadro de abandono y devastación.

El resurgimiento de la minería en la región ocurre en siglo XIX, la principal empresa minera era la Compañía Real del Monte y Pachuca que tuvo dos propietarios, la Compañía Inglesa de los Aventureros de 1824 a 1849 y la Sociedad Aviadora de Minas de Pachuca y Real del Monte de 1849-1906, esta última de capital mexicano. La llegada de los ingleses aportó a la minería regional la máquina de vapor y el sistema de toneles (Herrera y Ortíz, 1994). La Sociedad Aviadora de Minas de Pachuca y Real del Monte realizó inversiones que incrementaron su capacidad de producción y con ello dominó la región hasta los años setenta del siglo XIX. No obstante, en 1906 vendieron la compañía a la *United States Mining and Refining Company*, principalmente debido a la falta de capital para adquirir nuevas tecnologías y modernizarse (Saavedra y Sánchez, 2008).

En el caso de Sonora, su historia no es distinta de la historia de la colonización y la explotación de metales preciosos en su territorio. Desde las

[‡] De acuerdo con las autoras, la crisis debido a la disminución en la producción de plata es una hipótesis debido a que el periodo de estancamiento no ha sido del todo estudiado.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

primeras misiones jesuitas hasta los principios de siglo XX, se presentó un crecimiento de las villas para la exploración, aprovechamiento y producción de metales preciosos. Álamos es el ejemplo clásico del origen y florecimiento de los pueblos coloniales al amparo de la actividad minera (Bracamonte et. al. 1997). No obstante, después de la caída de los precios del oro y la plata hacia finales del siglo XIX, la minería sonorensis dio pauta al nacimiento de las minas cupríferas que, desde entonces, han sido la principal actividad extractiva de la región. En este sentido, más que desaparecer, la actividad dio un viraje de sus esfuerzos hacia la producción de metales industriales. Para ello, se presentaron varios factores que condujeron a que este tipo de desarrollo minero, ocupara el lugar que anteriormente tenían los metales preciosos. Las causas que originan esta reconfiguración se explican a partir de dos elementos: i) la volatilidad de los mercados provocó dificultades para mantener una economía sustentada en mercancías cuyos precios caían de manera sostenida y, ii) la industrialización aumentó la demanda de materias primas -entre ellas los minerales- y con ello se incrementaron sus precios, lo cual la convirtió en una actividad atractiva y rentable.

En estas condiciones, el estado de Sonora registró una acelerada expansión de 1880 a 1910 y la población prácticamente se duplicó. El crecimiento no se explica exclusivamente por el crecimiento natural, también hay que considerar a las migraciones estimuladas por el desarrollo minero de la zona serrana del noreste de la entidad (Bracamonte et. al. 1997).

Finalmente, Zacatecas se ubica en una de las regiones fundadas bajo el auspicio de la explotación de abundantes minerales situados en la zona centro-norte del país. Es una localidad que, junto con San Luis Potosí y Durango, fueron erigidas en la ruta del oro descrita por Alvar Núñez Cabeza

de Vaca. También se constituyó como uno de los principales centros de producción de plata por su importante aportación al fisco de la Nueva España.

Estas condiciones permitieron que bajo la tutela de la actividad minera se desarrollara una red de comunicaciones que benefició el crecimiento del comercio, la provisión de alimentos y todo tipo de menesteres necesarios para su desarrollo. De esta forma, dentro del territorio de Zacatecas, se constituye un espacio económico nodal alrededor del cual, funcionaban otros centros mineros y permitía el desarrollo de otros poblados, villas, ranchos y haciendas. De este modo, la configuración económica productiva de la economía de Zacatecas ha estado estrechamente ligada a la actividad minera. Una detallada explicación histórica sobre la importancia de la minería en la entidad se puede encontrar en el trabajo clásico de Bakewell (1976), y más recientemente en la obra de Burnes (1987), cuyo periodo de análisis se extiende hasta el siglo XIX y ayuda con mayor proximidad, a entender la evolución de la estructura económica de Zacatecas hasta la actualidad, a sazón de la necesaria vinculación de la producción minera regional con el contexto nacional y mundial.

Por otro lado, además del estudio histórico, la minería se ha investigado con diferentes herramientas analíticas. Por ejemplo, Benita, Gaytán y Rodallegas (2012); construyen indicadores de eficiencia con la técnica del análisis envolvente de datos, para estudiar el sector minero de Zacatecas y compararlo con el resto de los estados de México. Entre otros resultados, encuentran que Hidalgo pertenece a los estados menos eficientes, mientras que Sonora a los más eficientes y que el indicador de Zacatecas en los años 2003 y 2008 se ubicó por encima de la media nacional, aunque en 1998 estuvo apenas por debajo de dicha media. Gaytán y Benita (2014) añaden un modelo econométrico con base en datos panel para incorporar variables exógenas y ampliar el análisis sobre la eficiencia técnica de la minería

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

en México, encuentran que la especialización productiva incide positivamente en el desempeño de las actividades mineras del país; no obstante, la dotación de recursos y la infraestructura no resultaron significativas.

Torres y López (2017), para el periodo de 1990-2014, exploran la relación entre el incremento de la producción minera y la disminución de la producción industrial en varios países de América Latina. Utilizan un modelo econométrico de panel de datos con efectos fijos para argumentar que, en el periodo de estudio, América Latina padeció la enfermedad holandesa.

Rivera y Aroca (2014), realizan un análisis de sensibilidad para un modelo de insumo-producto desagregado. Calculan encadenamientos y multiplicadores por escalas de producciones a nivel regional, con ello identifican y cuantifican el impacto de cada escala de producción y confirman efectos heterogéneos de la minería sobre la producción e ingreso local. De esta forma, muestran que la pequeña y mediana minería en las regiones de Antofagasta y Atacama en Chile, generan impactos diferenciados en el ingreso regional por tonelada de cobre producida, esto se debe a la utilización de una tecnología de producción diferente a la de la gran minería que predomina en la región de Antofagasta. Su trabajo exhibe que la producción de pequeña escala genera mayores impactos sobre el bienestar debido a su tecnología de producción. De ahí que, pese a la evolución positiva del precio del cobre, el ingreso promedio de la región Atacama haya aumentado, pero no ha sido así en Antofagasta.

II. Enfoque metodológico

Este apartado está constituido de tres elementos. Mientras el apartado anterior se sustenta tanto en la fundamentación histórico-económica, como en enfoques actuales sobre el tema; aquí se formula un modelo Insumo-

Producto regional para analizar la actividad minera en el marco de un sistema contable de la producción sectorial. Una segunda cuestión se ocupa de la formulación de los encadenamientos productivos que se aplica sobre las matrices Insumo-Producto (IP) estatales, para identificar la importancia de la minería en el marco general de las estructuras productivas estudiadas. En el mismo tenor, se ha propuesto un análisis con técnicas multivariantes bajo el enfoque de redes.

II.1. Construcción del sistema contable Insumo-Producto regional

El primer aspecto a tratar metodológicamente se refiere a los procedimientos para obtener una estimación consistente de las matrices IP estatales. Para ello, el ejercicio se apoya en las llamadas técnicas indirectas de regionalización que consisten en aproximar una tabla IP subnacional teniendo como referencia la tabla IP nacional. Los ajustes se realizan en función de los coeficientes de comercio regional t_{ij} que se sustentan en la capacidad de exportación e importación neta de la región. De este modo los coeficientes nacionales a_{ij}^n ajustados por coeficientes de comercio son:

$$a_{ij}^r = t_{ij}a_{ij}^n \quad (1)$$

Donde a_{ij}^r son los coeficientes regionales. Bajo esta idea general, el procedimiento de coeficientes de localización se ha convertido en la técnica más utilizada para definir los coeficientes de comercio t_{ij} y en consecuencia, de tablas IP subnacionales (Dávila, 2015).

La técnica compara la estructura económica regional y nacional a partir del peso de una industria específica respecto a la producción total en ambas escalas (regional y nacional) y definir así un grado de especialización relativo. La formulación más sencilla del coeficiente de localización es:

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

$$CL_i^r = \frac{x_i^r/x^r}{x_i^n/x^n} \quad (2)$$

Donde CL_i^r representa el coeficiente de localización de la industria i en la región r [§]; x_i^r es la producción de la industria i en la región r ; x^r representa la producción total de la región r ; x_i^n es la producción de la industria i en la nación n y x^n representa la producción total de la nación n . Luego:

si $CL_i^r \geq 1$ Existe mayor especialización productiva en la región,

si $CL_i^r < 1$ Existe menor especialización productiva en la región.

De este modo los coeficientes se utilizan para identificar un patrón del comercio regional con base en la capacidad productiva que tiene una región para cubrir su demanda (ya sea intermedia o final) o su imposibilidad para satisfacerla. Si existe mayor especialización productiva, la región tiene la oferta local necesaria para cubrir la demanda; en cambio, si existe menor especialización productiva en la región, es necesario importar ya que localmente la industria particular no logra producir todo lo que esta región requiere. El ajuste de los coeficientes técnicos regionales sucede entonces de la siguiente manera:

$$si CL_i^r \geq 1 \rightarrow a_{ij}^r = a_{ij}^n$$

$$si CL_i^r < 1 \rightarrow a_{ij}^r = CL_i^r a_{ij}^n$$

Después de una serie de modificaciones al coeficiente de localización simple para incorporar los sectores insumo-compradores y vendedores, así como el tamaño regional, se propuso una medida adicional que considerara los tres elementos. De este modo se plantea el coeficiente de industria cruzada

[§] En adelante, los superíndices son indicativos del espacio (nacional o regional) y los subíndices son referidos a los sectores o industrias.

de Flegg CLF_{ij}^r , propuesto por Flegg *et al.* (1995), y Flegg y Webber (1997). La formulación de CLF_{ij}^r es,

$$CLF_{ij}^r = \lambda \frac{x_i^r/x_i^n}{x_j^r/x_j^n} \quad (3)$$

$$\text{Con: } \lambda = \{\log_2[1 + (x_E^r/x_E^n)]\}^\delta$$

Donde x_E^r es el empleo total regional y x_E^n el empleo total nacional. Debe notarse que el tamaño relativo regional se calcula con el empleo y no con el producto. La idea es que la variable empleo puede ofrecer mayor consistencia para medir la especialización productiva por su asociación con la productividad.

II.2. Encadenamientos Productivos

Una vez estimadas las matrices IP estatales, la identificación de los encadenamientos se realiza en función de las compras y las ventas entre cada uno de los sectores productivos. El trabajo seminal de Hirschman (1958) señala que dentro de las actividades directamente productivas operan dos mecanismos: i) el insumo-abastecimiento, demanda derivada o *efecto de eslabonamientos anteriores*, es decir, todos aquellos intentos que induce una actividad económica para abastecer los insumos necesarios que permiten el funcionamiento de su propia actividad; y ii) la producción-utilización o *efectos de eslabonamientos posteriores*, es decir, cualquier actividad que por su naturaleza no abastece exclusivamente las demandas finales, esto inducirá intentos de utilizar su producción como insumo en alguna actividad nueva (Hirschman, 1958:106).

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

Bajo esta idea, la producción de un sector tiene implicaciones para otros sectores del aparato productivo, de modo que, si uno de estos intenta aumentar su producción, es necesario que compre insumos a otros para realizarla, por tanto, se presenta un efecto económico que se denomina *encadenamiento hacia atrás* (EA). Por otra parte, cuando el aumento de la producción se materializa en un sector específico y esta no se destina a la demanda final, su empleo se encuentra en otros sectores productivos que requieren esta producción adicional para facilitar su propio funcionamiento. En este sentido el efecto económico se denomina *encadenamiento hacia adelante* (ED).

Para Chenery y Watanabe (1958) los encadenamientos directos hacia atrás se pueden medir a partir de la suma por columnas de la matriz A [a_{ij}] de coeficientes técnicos, por lo que, el resultado muestra los requerimientos técnicos directos para cada sector productivo. Por tanto, la formulación de EA directo para el sector j es:

$$EA(d)_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (4)$$

O bien, en términos de la matriz de transacciones:

$$EA(d)_j = \sum_{i=1}^n z_{ij} \quad (5)$$

Luego, si definimos el vector fila $a(d) = [EA(d)_1, \dots, EA(d)_n]$, entonces:

$$a(d) = i'A \quad (6)$$

Por otra parte, Rasmussen (1957) propone cuantificar los encadenamientos totales, (directos e indirectos), a través de la matriz de Leontief $L = [l_{ij}]$. La suma por columna de la matriz L muestra

requerimientos totales para cada sector productivo, por tanto, el EA total para el sector j es:

$$EA(t)_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (7)$$

El vector fila correspondiente para medir los encadenamientos directos e indirectos para cada sector es:

$$b(t) = i'L \quad (8)$$

La forma que aquí se adopta para estimar estos indicadores es relativa, en el sentido que normaliza los resultados en términos de los valores promedio. En concreto, se puede escribir:

$$\overline{EA}(d)_j = \frac{EA(d)_j}{(1/n)\sum_{i=1}^n EA(d)_j} = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{(1/n)\sum_{i=1}^n a_{ij} \sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (9)$$

La lectura a esta formulación establece que el encadenamiento hacia atrás del sector j es dividido por el promedio de todos los encadenamientos hacia atrás. En otras palabras, la suma total de las compras que cada sector realiza se compara con el valor promedio de las compras que realizan todos los sectores. Si se utiliza la forma del vector fila, las normalizaciones de los encadenamientos hacia atrás son:

$$\bar{b}(d) = \frac{i'A}{i'Ai/n} = \frac{ni'A}{i'Ai} \quad (10)$$

El valor promedio de $\bar{b}(d)$ es la unidad $-\bar{b}(d)]i(\frac{1}{n}) = \left[\frac{ni'A}{i'Ai} \right] \left[\frac{i}{n} \right] = 1$, luego los sectores fuertes serán aquellos con EA por arriba del promedio, índices grandes que se ubican por arriba de la unidad. En cambio, los sectores menos fuertes serán aquellos que tienen EA por debajo del promedio, índices más pequeños y abajo de la unidad (Miller y Blair, 2009: 557).

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

La misma lógica opera para normalizar los EA totales:

$$\bar{b}(t) = \frac{n'L}{i'Li} \quad (11)$$

Este es el índice del poder de dispersión sugerido por Rasmussen (1957) (Miller y Blair, 2009:557).

Los encadenamientos hacia adelante (ED) se miden de acuerdo a la distribución de la producción a través de los sectores. Inicialmente para medir los ED directos y totales se utilizó de igual manera la matriz A de coeficientes técnicos y la matriz L de Leontief. Sin embargo, se ha considerado que el modelo de Gosh (de oferta) es más apropiado para medir los ED en virtud de que está diseñado para registrar la distribución de la producción. La matriz de transacciones intersectoriales en el modelo de Gosh se conoce como la matriz B que contiene los b_{ij} coeficientes de distribución. La inversa de la matriz de Gosh se conoce como G y contiene g_{ij} elementos. La suma por filas de la matriz B permite conocer los ED directos, mientras que la suma por filas de la matriz G permite conocer los ED totales. Por tanto, paralelamente a 4 y 7 los ED son:

$$ED(d)_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (12)$$

y:

$$ED(t)_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad (13)$$

Con base en los resultados de los dos tipos de encadenamientos se ha buscado proponer una clasificación que permita identificar cuáles son los sectores claves de una economía. Los estudios han coincidido en distribuir los sectores con base en 4 criterios de clasificación:

- i)* *Sectores claves*, generalmente conectados tanto con la oferta como con la demanda intersectorial, se caracterizan por ser compradores de insumos y también por facilitar el funcionamiento de otros sectores a través de las ventas; por lo que los índices EA y ED son mayores a 1 en ambos casos;
- ii)* *Sectores de arrastre*, dependientes en relación a la oferta intersectorial, se tipifican como actividades que están vinculadas hacia atrás, es decir, por aquellos sectores que se caracterizan por ser compradores de insumos. Los índices EA son fuertes (mayor a 1) pero ED débiles (menor a 1);
- iii)* *Sectores independientes*, usualmente caracterizados por actividades que mantienen pocos vínculos con otros sectores productivos y muestran índices de EA y ED débiles (menores a 1);
- iv)* *Sectores base*, dependientes en relación a la demanda intersectorial, se identifican por ser vendedores de insumos y porque el vínculo de sus actividades es hacia adelante. Los índices EA son débiles (menor a 1) pero ED fuertes (mayor a 1).

II.3. Identificación de cadenas de producción

Para evaluar la importancia de la actividad minera en cuanto a su articulación sectorial se utiliza el concepto de *cluster* con base en la importancia relativa que tienen las compras y las ventas en el marco de sus relaciones multisectoriales de IP, de modo que la identificación de estos se deriva de la intensidad de los intercambios de bienes y servicios que realiza.

Mientras existen diversos conceptos de *clusters* tales como: i) *micro*, que contempla unidades productivas simples, ii) *meso y macro*, que hacen referencia a encadenamientos entre sectores de actividad económica, iii) *de innovación*, que

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

vinculan empresas o sectores que cooperan en los procesos de difusión o conocimientos nuevos y, iv) *de relaciones de producción*, que aglutinan empresas o sectores que participan dentro de una misma cadena de producción; aquí solamente se utiliza el segunda por su relación al modelo IP.

El trabajo de Feser y Bergman (2000) es el ejemplo paradigmático de la aplicación del modelo insumo producto en la identificación de *clusters*. Su propuesta considera los siguientes aspectos: i) identificar el concepto de clúster, ii) obtener los datos, iii) identificar el método analítico y iv) aplicar e identificar el análisis.

Tal como se definió previamente, el concepto utilizado en este documento es meso y macro del clúster. Los datos provienen de las estimaciones de las MIP estatales de Hidalgo, Sonora y Zacatecas derivados de la actualización de la MIP nacional correspondiente al año 2013.** A partir de dichas estructuras de información, se emplea el método de factores y componentes principales.†† El procedimiento de aplicación parte del marco contable del modelo IP. Por el lado de la demanda,

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i = X_i \quad (14)$$

Donde x_{ij} representa la demanda intermedia, y_i es la demanda final y X_i la producción bruta total. Por el lado de la oferta,

** La Matriz Insumo-Producto de la Economía Mexicana, 2013, representa la estructura más reciente en su tipo. Se elaboró con base en los Censos Económicos, 2014 y sus valores pecuniarios se expresan a precios constantes del propio año 2013. Ver: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/mip13/default.aspx>

†† Esta selección sigue la línea de Feser y Bergman (2000) quienes sugieren que este método tiene la ventaja de que considera la posibilidad de medir los efectos directos e indirectos en los encadenamientos productivos, proporciona una visión holística de la economía a partir del enfoque de *clusters* y al incorporar patrones de localización al análisis, es posible diseñar políticas que detonen el crecimiento de las regiones.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + z_i = X_i \quad (15)$$

Donde x_{ij} representa el consumo intermedio, z_i la remuneración a los insumos primarios y X_i la producción bruta total.

De aquí en adelante la suma de las compras se denota como p_j . Por su parte la suma de las ventas se expresan como s_i . Un aspecto importante de la propuesta de Feser y Bergman (2000), es que tanto las compras como las ventas se analizan para los sectores i y j ; por lo que en cada transacción del sector i habrá una compra-venta y cada transacción del sector j también implicará una compra-venta.

Bajo esta consideración cada elemento de la matriz de transacciones intersectoriales se divide conforme a p_i , p_j , s_i y s_j de manera que se conforman las matrices A, B, C y D:

$$\begin{aligned} A &= x_{ij}/p_i \quad (i,j=1,2,\dots,n) \\ B &= x_{ij}/p_j \quad (i,j=1,2,\dots,n) \\ C &= x_{ij}/s_i \quad (i,j=1,2,\dots,n) \\ D &= x_{ij}/s_j \quad (i,j=1,2,\dots,n) \end{aligned} \quad (16)$$

De aquí se establecen las correlaciones entre las mismas.

- La correlación A-B mide el grado de similitud entre los patrones de compra de los sectores i, j .
- La correlación C-D mide el grado de similitud entre los patrones de venta de los sectores i, j .
- La correlación A-D mide el grado de similitud en que los patrones de compra de i son similares a los patrones de venta de j .

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

- La correlación C-B mide el grado en que los patrones de venta de i son similares a los patrones de compra de j .

Posteriormente, se conforma una matriz mixta de $m \times n$ que se integra por los valores más altos de los índices de correlación de las matrices A, B, C y D. Finalmente, sobre la matriz mixta se aplica el análisis de factores y de componentes principales.

La técnica se hizo operativa^{††} a través del método *Varimax*, el cual, siguiendo a Pérez-López (2004), obtiene los ejes de los factores maximizando la suma de las varianzas de las cargas factoriales al cuadrado dentro de cada factor. La simplicidad de un factor se define por la varianza de los cuadrados de sus cargas factoriales en las variables observables, esto es:

$$S_I^2 = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p (l_{ji}^2)^2 - \left(\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p l_{ji}^2 \right)^2 \quad (17)$$

El método de rotación *Varimax* pretende hallar $B=LT$ de modo que la suma de las simplicidades de todos los factores sea máxima, ello implica la maximización de:

$$S^2 = \sum_{i=1}^k S_i^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p (l_{ji}^2)^2 - \left(\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p l_{ji}^2 \right)^2 \right] \quad (18)$$

El problema dado por la expresión anterior es que las variables con mayores comunales tienen una mayor influencia en la solución final. Para solventar este problema se efectúa la normalización de Kaiser, en la que cada carga factorial al cuadrado se divide por la comunalidad de la variable

^{††} El procedimiento que se describe a partir de este punto y hasta la conclusión del subtema, se sistematizó con recursos informáticos. Específicamente se empleó *R 3.3.1* en el caso de la correlación de matrices y *SPSS 22.0* para la aplicación del método *Varimax*.

correspondiente (a esto se conoce como el método *varimax* normalizado). La función a maximizar ahora será:

$$SN^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \left(\frac{l_{ji}^2}{h_j^2} \right)^2 - \left(\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \frac{l_{ji}^2}{h_j^2} \right)^2 \right] \quad (19)$$

En su forma definitiva, el método *varimax* halla la matriz 2B maximizando:

$$W = p^2 SN^2 = p \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \left(\frac{l_{ji}^2}{h_j^2} \right)^2 - \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^p \frac{l_{ji}^2}{h_j^2} \right)^2 \quad (20)$$

Una propiedad importante del método *varimax* es que, después de aplicado, queda inalterada, tanto la varianza total explicada por los factores, como la comunalidad de cada una de las variables. La nueva matriz corresponde también a factores ortogonales y tiende a simplificar la matriz factorial por columnas, siendo muy adecuada cuando el número de factores es pequeño.

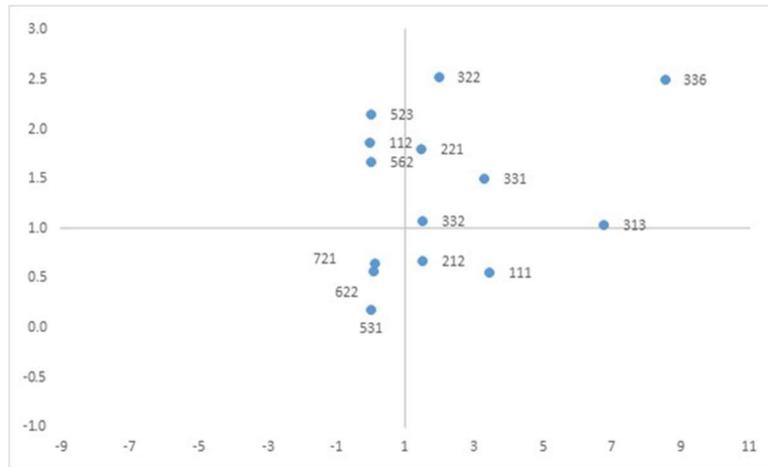
III. Presentación e interpretación de resultados

En este apartado se presentan los resultados relacionados con la identificación de cadenas productivas bajo el enfoque “clásico” de estimación de encadenamientos productivos en la línea de Chenery y Watanabe (1958) y Rasmussen (1958), así como las evidencias obtenidas bajo la propuesta relativamente reciente de Feser y Bergman (2000).

La presentación de los resultados de encadenamientos directos y totales se apoya en la utilización de un plano coordinado que permita visualizar la posición de la actividad minera dentro del conjunto de regiones posibles descritas en la tipología descrita en el apartado anterior.

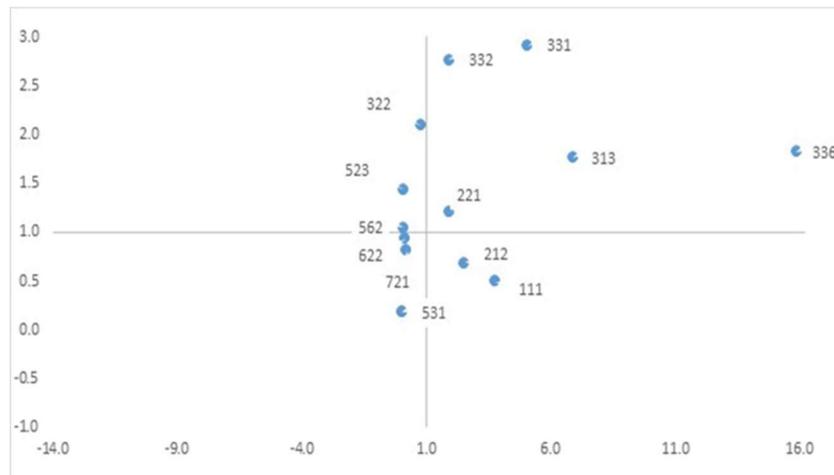
■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

Gráfica 1. Encadenamientos directos en Hidalgo, 2013



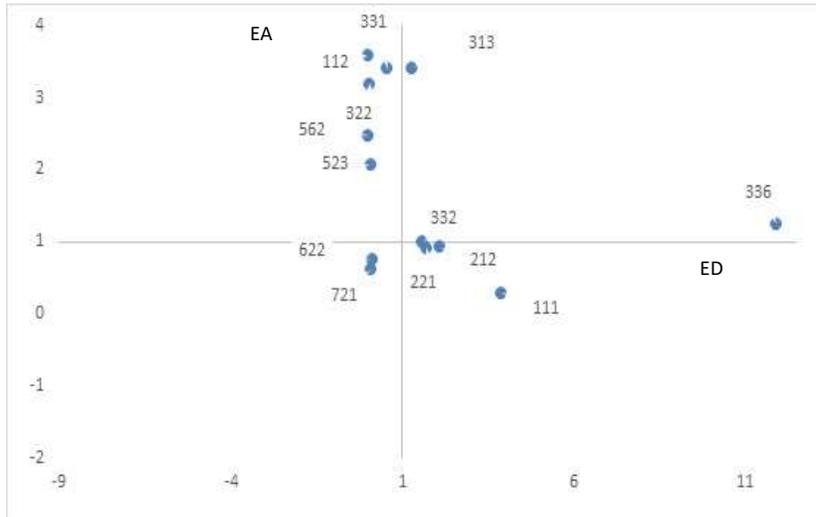
Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Hidalgo, 2013.

Gráfica 2. Encadenamientos directos en Sonora, 2013



Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Sonora, 2013.

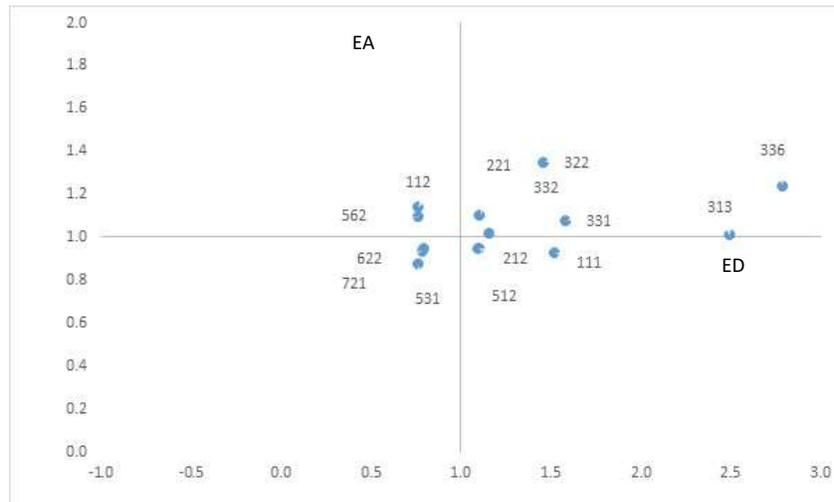
Gráfica 3. Encadenamientos directos en Zacatecas, 2013.



Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Zacatecas, 2013.

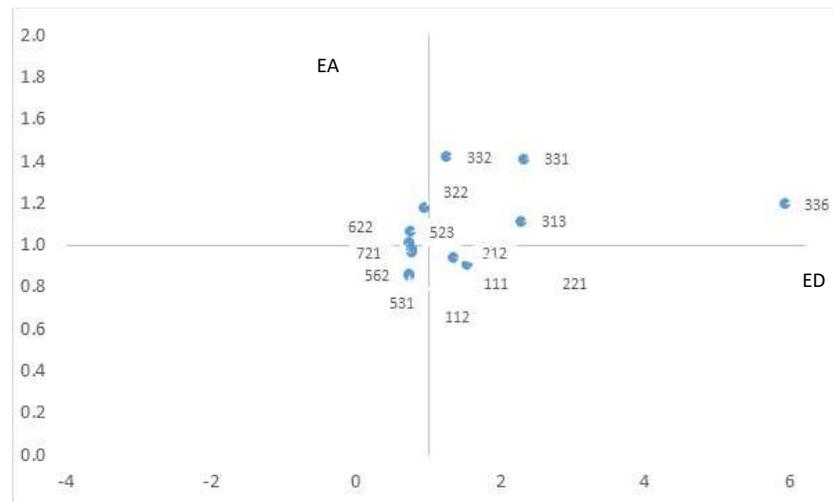
La evidencia empírica encontrada muestra en cada uno de los tres casos analizados que la minería se ubica en la región IV del plano coordenado. Esta posición corresponde a una clasificación de la actividad como sector base por mostrar encadenamientos hacia atrás debajo del promedio y encadenamientos adelante superiores a su respectivo promedio. Enseguida se presentan los resultados de los encadenamientos totales.

Gráfica 4. Encadenamientos totales en Hidalgo, 2013



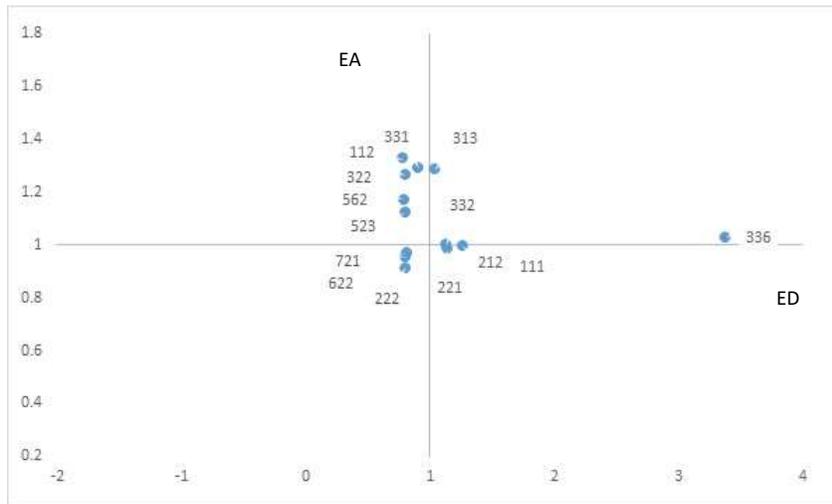
Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Hidalgo, 2013.

Gráfica 5. Encadenamientos totales en Sonora, 2013



Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Sonora, 2013.

Grafica 6. Encadenamientos totales en Zacatecas, 2013.



Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Zacatecas, 2013.

De manera similar a los encadenamientos directos, los resultados de cada caso analizado muestran que los encadenamientos totales de la actividad minera se ubican en la región IV del plano coordenado. Esto la clasifica como un sector base debido a que sus encadenamientos hacia atrás y hacia adelante se encuentran por debajo y por arriba de sus respectivos promedios. A la luz de estos resultados, se puede establecer que la minería es una actividad proveedora más que consumidora de insumos dentro del tejido del aparato productivo.

De acuerdo con Feser y Bergman (2000) los tipos de relación que mantienen los sectores productivos con los diferentes clusters se clasifican de acuerdo al coeficiente de asociación (CA) bajo los siguientes criterios:

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

- Si $CA > .65$ entonces la relación es primaria e implica un grado de asociación alto.
- Si $0.5 < CA < .65$ la relación es secundaria e implica que los sectores productivos están medianamente asociadas al agrupamiento.
- Si $0.35 < CA < .05$ entonces la relación es terciaria lo que muestra que los sectores que participan en el agrupamiento tienen una intensidad poco significativa
- Si $CA < .35$ implica una relación nula. Las actividades económicas participan de una manera poco significativa.

Los resultados para cada uno de los casos analizados se presenta enseguida.

Cuadro1. Clúster en el que participa la minería en Hidalgo

Código SCLAN	Subsector	Primaria	Secundaria	Terciaria	CA
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	1			0.982
487	Transporte turístico	1			0.982
481	Transporte aéreo	1			0.973
114	Pesca, caza y captura	1			0.965
484	Autotransporte de carga	1			0.965
531	Servicios inmobiliarios	1			0.963
222	Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	1			0.962
811	Servicios de reparación y mantenimiento	1			0.961
492	Servicios de mensajería y paquetería	1			0.954
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	1			0.952
491	Servicios postales	1			0.946
221	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	1			0.940
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	1		2	0.888
813	Asociaciones y organizaciones	1		2	0.864
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas	1			0.833
111	Agricultura	1			0.821
321	Industria de la madera	1		3	0.791
721	Servicios de alojamiento temporal	1	2		0.772
238	Trabajos especializados para la construcción	1	3		0.727
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1	6		0.699
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	1		6	0.682
431	Comercio		1,7		0.643
237	Construcción de obras de ingeniería civil	6	1		0.569
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias		1	2,3	0.567
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	2	1		0.519
115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	4		1	0.391
812	Servicios personales	2		1	0.375

Fuente: elaboración propia con base a la estimación de la MIP de Hidalgo, 2013.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

Cuadro2. Clúster en el que participa la minería en Sonora

Código SCIAN	Subsector	Primaria	Secundaria	Terciaria	CA
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas	8			0.921
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	8		2,3	0.719
331	Industrias metálicas básicas		8,3		0.58
488	Servicios relacionados con el transporte	6		8	0.377
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	1		8	0.368

Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Sonora, 2013.

Cuadro3. Clúster en el que participa la minería en Zacatecas

Código SCIAN	Subsector	Primaria	Secundaria	Terciaria	CA
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos	6			0.929
331	Industrias metálicas básicas	6			0.927
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	6			0.867
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias		5	2, 6	0.365
237	Construcción de obras de ingeniería civil	3		6	0.355

Fuente: elaboración propia con base en la estimación de la MIP de Zacatecas, 2013.

Bajo este enfoque se ha encontrado que la actividad minera se encuentra articulada a un solo clúster en cada uno de los estados analizados. Este resultado implica que los efectos que puede generar la minería dentro del conjunto de actividades del aparato productivo se encuentra limitada a un número determinado de estas según el tamaño del agrupamiento. En este sentido, el clúster al que pertenece la minería en Hidalgo se encuentra conformado por un total de 27 actividades económicas y su coeficiente de asociación es alto con un valor de .83, lo que implica que las transacciones en las que participa son significativas.

En el caso de Sonora, el coeficiente de asociación también es alto con un valor de .921 por la intensidad económica que implica las transacciones que realiza son significativas. No obstante, el *cluster* al que pertenece sólo involucra a 5 subsectores de actividad, por lo que los efectos que produce sobre el conjunto de actividades se encuentran altamente limitados.

Finalmente, el caso de Zacatecas es similar al de Sonora, debido a que su coeficiente de asociación es .929 por lo que la actividad dentro del agrupamiento es altamente significativa; empero, sus efectos económicos son limitados por pertenecer a un clúster con sólo 5 subsectores de actividad en un total de 79.

A la luz de estos resultados, la minería tiene un margen reducido de acción para potenciar efectos positivos sobre el conjunto de actividades económicas, no obstante, es una actividad bastante significativa para aquellas actividades económicas con las que se encuentra vinculada.

Conclusiones

Las evidencias empíricas presentadas muestran que la actividad minera ha sido una de las actividades más dinámicas en México en los últimos años. Dentro

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

de las tres entidades analizadas, la minería destaca por su dinámica de crecimiento y por el tamaño dentro del total de actividades económicas.

Bajo el enfoque de encadenamientos clásicos (directos y totales) la minería mostró ser una actividad con bajos encadenamientos hacia atrás, pero altos hacia adelante en cada uno de los estados analizados. Por tanto, los resultados evidenciados la tipifican como un sector base que tiene una funcionalidad proveedora dentro del conjunto productivo.

No obstante, el enfoque de Feser y Bergman mostró que su funcionalidad proveedora se encuentra limitada a un reducido número de actividades económicas, pues su actividad sólo participa en un agrupamiento dentro de al menos un total de 7 que se identificaron en cada caso. Además, la conformación del clúster al que pertenece contiene pocos subsectores de actividad. Esta implicación es más importante en Sonora y Zacatecas donde su participación en el total de la producción tiene mayor peso.

Por lo anterior, es posible aceptar la hipótesis de que la minería es una actividad que tiene una baja articulación sectorial, y que su capacidad para potenciar el crecimiento de otras actividades es reducida. Ante tal condición es que se plantea la formulación de políticas económicas regionales que permitan desarrollar esquemas de proveeduría con los canales de distribución aquí encontrados trascendiendo a su diversificación y remarcando sus efectos económicos en el conjunto productivo.

Referencias

- Bakewell P.J. (1976). *Minería y Sociedad en el México colonial. Zacatecas 1546-1700*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Benita, F., Gaytán, E., & Rodallegas, M., (2012). Un estudio no paramétrico de eficiencia para la minería de Zacatecas, México. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 14, 54-75.
- Bracamonte-Sierra, A., Lara-Enriquez, B. & Borbón-Almada, M. (1997). El Desarrollo de la Industria Minera Sonorense: el Retorno a la Producción de Metales Preciosos. *Región y Sociedad*, VIII (13), 39-75.
- Burnes, Arturo (1987), *La minería en la historia económica de Zacatecas (1546-1876)*. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
- Chenery, H. & Watanabe, T. (1958). An International Comparison of the Structure of Production. *Econometría*, vol. 6(1), 487-521.
- Davila Flores, A. (2015). *Modelos Interregionales de Insumo Producto de la Economía Mexicana*. Ciudad de México: M.A. Porrúa.
- Flegg, A., & Webber, C. (1997). On the appropriate use of Location Quotients in Generating Input-Output Tables: A Reply. *Regional Studies*, 29, 547-561.
- Feser E. & Bergman E. (2000). National Industry Cluster Template: A framework for Applied Regional Cluster Analysis, *Regional Studies*, 34,1, 195-805.
- Flegg, A., Webber, C., & Elliot M. (1995). On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables. *Regional Studies*, 31, 195-805.
- Gaytán, E., & Benita, F. (2014). La industria minera en México: patrones de desempeño y determinantes de eficiencia. *Lecturas de Economía*, 80, 103-131. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155230074004>.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

- Herrera-Canales, I. & Rina-Ortiz, P. (1994). La minería en Hidalgo. De la colonia al siglo XX. En José Alfredo Uribe Salas (coordinador), *Recuento Histórico Bibliográfico de la Minería en la Región Central de México* (pp 19-37). Morelia Michoacán, México: Instituto de Investigaciones Históricas, UMSNH.
- Hirschman, A.O. (1958). *The strategy of economic development*. New Have: Yale University Press.
- Rasmussen, N.P. (1956). *Studies in Intersectoral Relations*. North Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Rivera, Nathaly, & Aroca, Patricio. (2014). Escalas de producción en economías mineras: El caso de Chile en su dimensión regional. *EURE* (Santiago), 40(121), 247-270. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612014000300012>
- Roldán-Cruz, E.I. (2015) Organización económica y desarrollo regional del estado de Hidalgo: pasado y presente. El Colegio del Estado de Hidalgo. México.
- Saavedra-Silva, E. & Sánchez Salazar, M T; (2008). Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, (65) 82-101. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56906507>
- Torres Gómez, E., & López González, M. (2017). Auge Minero Y Desindustrialización en América Latina. *Revista de Economía Institucional*, 19(37), 133–146. <https://doi.org/10.18601/01245996.v19n37.07>

ANEXO

CUADRO A1. Indicadores generales y de la minería.

Estado	Tasa de crecimiento PIB total	Tasa de crecimiento minería	Participación PIB minería/PIB total
Hidalgo	2.77	4.99	1.05
Sonora	3.65	8.65	12.95
Zacatecas	4.11	11.45	24.37
México	2.58	5.06	1.06

Fuente: elaboración propia con base en el Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI.